دراسة مقارنة بين الفلكسوجراف عالى الدقة والروتوجرافيور لطباعة أفلام التغليف الغذائى

سارة محمد أبو الدهب [1*] محمد عطية محمد الفرحاتى [2]

مدرس مساعد بقسم الطباعة والنشر والتغليف - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان
أستاذ بقسم الطباعة والنشر والتغليف - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان

Submit Date: 2022-04-18 05:01:38 | Revise Date: 2022-06-04 15:43:11 | Accept Date: 2022-06-04 20:29:24

DOI:10.21608/jdsaa.2022.134473.1176

ملخص البحث:-

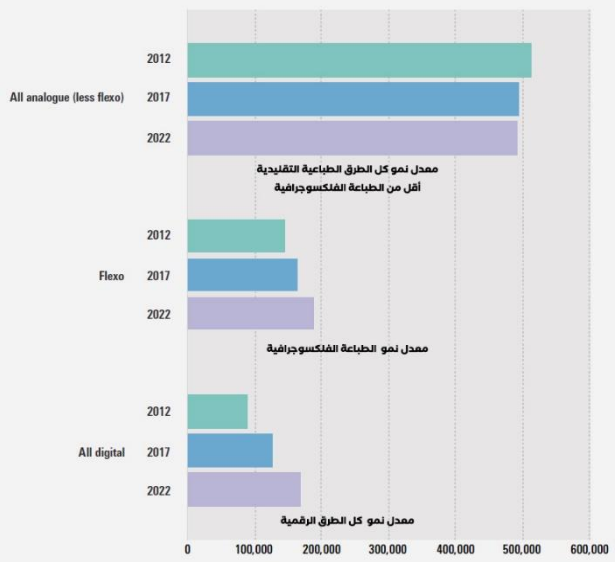
تستخدم تقنيتان طباعيتان رئيسيتين للإنتاج الطباعى الكمى للأفلام البلاستيكية وهما الطباعة الفلكسوجرافية وطباعة الروتوجرافيور ولكل منهما الخصائص المميزة وأهم ما يميز طباعة الفلكسوجراف عن طباعة الروتوجرافيور انخفاض تكاليف التشغيل لاسيما مع المشاوير الطباعية القصيرة والمتوسطة بينما أهم ما يميز طباعة الروتوجرافيور مستوى الجودة الطباعية، يهدف البحث الى التوظيف الأمثل لتقنيات تجهيز الاسطح الطباعية الفلكسوجرافية عالية الدقة بما يحقق ميزة تنافسية من حيث الجودة والتكلفة وزمن التجهيز مقارنة بطباعة الروتوجرافيور للأفلام البلاستيكية المستخدمة فى التغليف الغذائي، استخدم الباحثين المنهج الوصفى التحليلى والمنهج التجريبى وذلك من خلال انتاج عبوة غذائية من الأفلام البلاستيكية (شيبسي) بطريقة طباعة الفلكسوجراف عالية الدقة وطباعة الروتوجرافيور مرورا بمراحل تجهيز السطح الطباعى حتى مرحلة التشطيب ومن ثم تحليل عناصر التكلفة والجودة وزمن الإنتاج ومن خلال نتائج القياسات والتحاليل توصل الباحثين أنه يمكن مضاهاة جودة طباعة الروتوجرافيور باستخدام تقنيات الفلكسوجراف عالية الدقة.

الكلمات المفتاحية:-

(الفلكسوجراف عالى الدقة HD Flexo – الروتوجرافيور Rotogravure – الأفلام البلاستيكية Plastic Film – التغليف الغذائى Food Packaging).

مقدمة

تستخدم تقنيتان طباعيتان رئيسيتين للإنتاج الطباعى الكمى للأفلام البلاستيكية وهما الطباعة الفلكسوجرافية وطباعة الروتوجرافيور ولكل منهما الخصائص المميزة وأهم ما يميز طباعة الفلكسوجراف عن طباعة الروتوجرافيور انخفاض تكاليف التشغيل لاسيما مع المشاوير الطباعية القصيرة كذلك انخفاض زمن التجهيز للأسطح الطباعية بينما أهم ما يميز طباعة الروتوجرافيور مستوى الجودة الطباعية، لكن مع التطورات الحديثة فى طباعة الفلكسوجراف واستخدام تقنية تجهيز الاسطح الطباعية عالية الدقة أدى ذلك الى ارتفاع مستوى الجودة الطباعية لتضاهى طباعة الروتوجرافيور الأمر الذى ادى الى زيادة معدل نمو الطباعة الفلكسوجرافية عالميا مقارنة بالنظم الطباعية المختلفة مع بداية مطلع العام ٢٠٢٢ ، كما يتضح فى الشكل رقم (١).



شكل (١): معدل نمو التقنيات الطباعية عالميا من ٢٠١٢ الى ٢٠٢٢

مشكلة البحثResearch Problem

تقع مشكلة البحث فى كيفية توظيف التقنيات الحديثة لتجهيز الأسطح الطباعية الفلكسوجرافية عالية الدقة لتحقيق جودة طباعية تضاهى طباعة الروتوجرافيور للأفلام البلاستيكية المستخدمة فى التغليف الغذائي؟

هدف البحث Research Aims

يهدف البحث الى التوظيف الأمثل لتقنيات تجهيز الاسطح الطباعية الفلكسوجرافية عالية الدقة بما يحقق ميزة تنافسية من حيث الجودة والتكلفة وزمن التجهيز مقارنة بطباعة الروتوجرافيور للأفلام البلاستيكية المستخدمة فى التغليف الغذائي.

أهمية البحث Research Importance

الاستفادة من الميزة التنافسية لطباعة الفلكسوجراف للأفلام البلاستيكية من حيث التكلفة وزمن تجهيز الأسطح الطباعية مع تحقيق جودة طباعية تضاهى طباعة الروتوجرافيور من خلال توظيف تقنية تجهيز الاسطح الطباعية الفلكسوجرافية عالية الدقة.

منهج البحث Research Methodology

استخدم الباحثين **المنهج الوصفى التحليلى** و**المنهج التجريبى** وذلك من خلال انتاج عبوة غذائية من الأفلام البلاستيكية (شيبسي) بطريقة طباعة الفلكسوجراف عالية الدقة وطباعة الروتوجرافيور مرورا بمراحل تجهيز السطح الطباعى حتى مرحلة التشطيب ومن ثم تحليل عناصر التكلفة والجودة وزمن الإنتاج.

حدود البحث Research Limits

الحدود الموضوعية: طباعة أحد خامات التغليف المرنة للأفلام البلاستيكية الخاصة بالتغليف الغذائى بطريقة طباعة الفلكسوجراف عالى الدقة والروتوجرافيور.

فروض البحث Research Hypotheses

امكانية توظيف تقنيات الطباعة الفلكسوجرافية عالية الدقة بما يتيح منتجات طباعية ذات جودة طباعية تضاهى طباعة الروتوجرافيور بميزة تنافسية من حيث التكلفة وزمن الإنتاج.

محاور البحث Research Themes

سعيًا لتحقيق أهداف البحث قسمت الدراسة الى المحاور التالية:

المحور الأول: الإطار النظرى التحليلى The Theoretical& Analytical Frameworkويتضمن

١. الطباعة الفلكسوجرافية للأفلام البلاستيكية وتطورات تجهيز السطح الطباعى.
٢. طباعة الروتوجرافيور لخامات التغليف المرنة وتطورات تجهيز حامل الصورة.
٣. مقارنة طباعة الروتوجرافيور والطباعة الفلكسوجرافية.

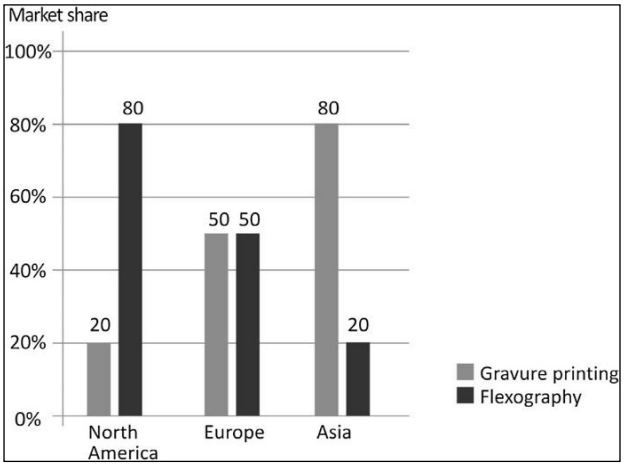
المحور الثاني: الإطار العملى التطبيقى The Practical Framework ويتضمن

١. تجهيز إحدى منتجات التغليف الغذائى المرن لطباعة الروتوجرافيور والفلكسوجراف عالى الدقة.
٢. طباعة المنتج بطريقة الفلكسوجراف عالى الدقة والروتوجرافيور.
٣. دراسة تحليلية لعناصر الجودة والتكاليف وزمن التشغيل.

المحور الأول: الإطـار النظرى التحليلى &The Theoretical Analytical Framework

مقدمة

تقنيتـان طبـاعيتـان رئيســيتين للإنتـاج الطبـاعى الكمى للخـامـات البلاسـتيكية وهما الطباعة الفلكسـوجرافية وطباعة الروتوجرافيور، يمثل الشكل التالى رقم (٢) الحصة السوقية بين طباعة الفلكسوجراف والروتوجرافيور للأفلام البلاستيكية فنجد بسبب الأنشطة التسويقية الناجحة للأعمال الفلكســوجرافية، وبتكلفة منخفضــة نجد انها هى السـائدة فى أمريكا الشـمالية على عكس آسـيا حيث انخفاض تكاليف العمالة، وإنتاج أسـطوانات الروتوجرافيور أرخص بكثير مما كانت عليه فى الولايات المتحدة.



شكل (٢): حصص سوق التعبئة والتغليف المرنة وفق تقنية طباعة الفلكسوجراف والروتوجرافيور. (3: ص١٩٩) لعام ٢٠١٤

أولا: الطباعة الفلكسوجرافية لخامات التغليف المرنة

تعتبر الطباعة الفلكسوجرافية من أكثر التقنيات الطباعية تطورًا، هذا يرجع إلى الاستخدام الواسع لهذه التقنية للطباعة على خامات متنوعة ماصـه وغير ماصـه، يتم اسـتخدام أحبار سـائلة منخفضـة اللزوجة للطباعة تنقسـم الى أحبار ذات قاعدة من المذيبات العضـوية وذات قاعدة مائية وأخرى يتم معالجتها بالأشـعة فوق البنفسـجية والشـعاع الإلكتروني، من أهم **السـمات المميزة للطباعة الفلكسـوجرافية لطباعة الأفلام البلاستيكية:** (٣: ص١٩٤)

- إمكانية الطباعة على الخامات الماصـة (ورق) وغير الماصـة (أفلام من البلاستيك) على خط تجميع واحد، بدون تعديله.
- التجفيف السـريع للحبر، مما يسـمح باسـتخدام ماكينات طباعية عالية السرعة تصل الى ٥٠٠ متر فى الدقيقة.
- انخفاض تكاليف الإنتاج بالمقارنة مع تقنيات الطباعة الأخرى.
- يمكن اسـتخدام الطباعة الفلكسـوجرافية لمجموعة واسـعة من التطبيقات، ولكن أهمها هو التغليف فى الوقت الحاضر.
- تحقيق مسـتويات جودة تضـاهى طباعة الروتوجرافيور بفضـل التقنيات الرقمية الحديثة.
- امكانية دمج تقنيات التحويل فى نفس خط الإنتاج مثل المعالجة النهائية، مثل قص الملصقات أو الطلاء أو التصفيح.
- يمكن دمج وحدات إضـافية بعد وحدة الطباعة الأخيرة كوحدات الطباعة الرقمية أو التأمين بالهولوجرام أو التصـفيح المحدد باستخدام الرقائق المعدنية أو البصم على البارد.
- أمكانية الطباعة على جانبى الشريط.
- أمكانية اسـتخدام مدى متنوع من الألوان والاحبار الخاصـة لتسويق منتجات التغليف الخاصة بالعلامات التجارية.
- قياسية مع الأعمال صغيرة ومتوسطة الحجم.

ثانيا: تطورات تجهيز السطح الطباعى الفلكسوجرافى

السطح الطباعى الفلكسوجرافى ينقسم الى (سطح مطاطى مسبوك / الواح فوتوبوليمر سـائلة وصـلبة / الأكمام sleeves) والأكثر اسـتخداما هو الاسـطح الطباعية من الفوتوبوليمر الصـلب (solid-sheet photopolymer plates) والتى قدمت جودة عالية قابلة للتكرار لاسيما مع تقنيات تجهيز الأسطح الرقمية.

أ- الأنظمـة الرقميـة بتجهيز السـطح الطبـاعى الفلكسـوجرافى CTP

- تمثل أنظمة الإنتاج الرقمى للأسطح الطباعية الفلكسوجرافية CTPوتكنولوجيا الأسطح الطباعية عالية وكاملة الدقة HD Flexo – Full HD Flexoأعمدة النمو والتطوير لطباعة الفلكسـوجراف بجودة طبـاعيـة تضـــاهى الروتوجرافيور والليثوأوفست.

١. مميزات الأنظمـة الرقميـة لتجهيز السـطح الطبـاعى الفلكسوجرافى CTP

١,١. تحسـين التدرجات الظلية الناعمة والحصـول على مدى ظلى أعلى لمناطق الإضـاءة المرتفعة ومناطق الظلال تتراوح من ١٪ الى ٩٨ % فى مقابل من ١٠٪ الى ٨٥ % للأنظمة التقليدية.

١,٢. تضاؤل مشكلة النمو النقطي.

١,٣. تقليل زوايا الاكتاف للنقط الشـبكية مما أدى الى انخفاض زمن التشغيل.

١,٤. عدم استخدام سلبية فيلمية والحد من التلوث البيئى الناتج عن كيماويات معالجة الأفلام.

١,٥. القدرة على استخدام احجام خطوط أكثر دقة.

٢. خطوات اعداد السطح الطباعى الفلكسوجرافى الرقمي

٢,١. **التعريض الخلفى Back Exposure** لتأسـيس عمق البروز وتقسية الأرضية.

٢,٢. **التعريض بالليزر Laser Imaging التعريض** بالليزر الأشـعة تحت الحمراء IR Laser ويتم من خلاله رسـم تفاصيل التصميم الطباعى مباشرة من وحدة الريب على السطح الطباعى وإزالة طبقة القناع (أول أكسيد الكربون) من مناطق التصميم الطباعي.

٢,٣. **التعريض الأمـامى Main Exposure** هو التعريض الأساسى ويتم بالأشعة فوق البنفسجية UV ويعمل على تقوية صلابة المناطق الطباعية على السطح الطباعي.

٢,٤. **المعالجة Development** تتم من خلال الغسـيل (الماء – المذيبات) لإزالة المناطق غير الطباعية.

٢,٥. **التجفيف Draying** يتم التجفيف بالهواء الساخن للتخلص من المذيب الممتص.

٢,٦. **التعريض التالى Post Exposure** يتم للمعالجة النهائية للسطح الطباعى وبناء الأكتاف.

ب. الطباعة الفلكسوجرافية عالية الدقة HD Flexo

تجمع تقنية الطباعة الفلكسوجرافية عالية الدقة HD Flexo بين أنماط النقاط الخاصة والكثافة المثالية للمساحات المصمتة مما يضمن جودة طباعة عالية الدقة ضمن النطاق اللونى بأكمله وتوفر هذه التقنية طباعة تصل إلى ٢٠٠ خط فى البوصة بتدرجات ظليه وكثافات للمساحات المصمتة من خلال توظيف الشبكات المهجنة Hypered Screen لتدعيم الدرجات الظلية المتوسطة وتقنية الـ Microcells لتدعيم المساحات المصمتة وتقنية النقاط المساعدة Support Dots لتدعيم الدرجات الظلية فى مناطق الإضاءة العالية لتصل الى ١٪ فى HD Flexo وتصل الى ٠ % مع Full HD Flexo.

يتم ذلك من خلال التصوير عالى الدقة من ٢٥٤٠ نقطة فى البوصة ويصل الى ٥٠٨٠ نقطة فى البوصة للفلكسوجراف كامل الدقة Full HD مع التعريض بالأشعة فوق البنفسجية التى تعمل بنظام LED من ١٩ الى ٢٤ ليومن.(٥)

ثالثا: طباعة الروتوجرافيور لخامات التغليف المرنة

تعتبر طباعة الروتوجرافيور واحدة من أقدم التقنيات الطباعية الرائدة فى طباعة التغليف المرن ومطبوعات النشر والمطبوعات الخاصة فائقة الجودة، تعتمد فى عملها على أسطوانة معدنية السطح (من النحاس المحمى بطبقة نهائية من الكروم أو الزنك) تمثل المناطق الغائرة بها المناطق الطباعية تكون مغمورة جزئيا فى مستودع الحبر وتحمل الخلايا الممثلة للمناطق الطباعية الحبر لتنقله الى سطح الخامة الطباعية بعد تقيسها من خلال سلاح الكشط لإزالة الحبر الزائد.

تمتلك طباعة الروتوجرافيور حصة سوقية كبيرة فى طباعة منتجات التغليف للعلامات التجارية الكبيرة لما تتمتع به من مزايا عديدة لإنتاج مطبوعات مرتفعة الجودة واتساق وثبات الإنتاج الطباعى وتستخدم مع المشاوير الطباعية الكبيرة.

طريقة الطباعة على ماكينات الروتوجرافيور تعتمد على انتقال الحبر الموجود بالخلايا على أسطوانة الطبع إلى الفيلم أو الخامة المراد الطباعة عليها ويكون الضغط على أسطوانة الطبع بالقدر الصحيح حافزا لخروج كل الحبر الموجود بالخلايا وانتقاله بالكامل إلى الخامة.

بالتالى فالتخوف من تغيير شكل الشبكات فى طباعة الروتوجرافيور يكون أقل بكثير من الفلكسوجراف كذلك تأثير العامل البشرى هنا يكون أقل. (٢: ص١١٢)

رابعا: تطورات تجهيز حامل الصورة الطباعية للروتوجرافيور

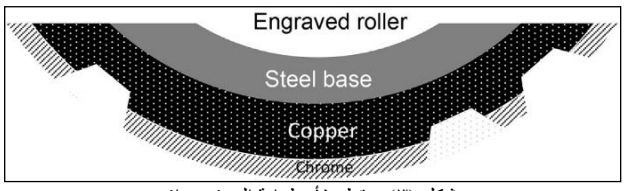
أ. أسطوانة الطبع Gravure Cylinder

هى عبارة عن أسطوانة من الصلب تعلوها طبقة منتظمة من النحاس كقاعدة ثم يعلوها طبقة نحاسية أخرى مجهزة للحفر مغطاة بالكروم كما هو موضح فى الشكل رقم (٣) والتى تأخذ ثلاثة أنواع وفق طبقة نحاس الحفر.

١. **طبقة النحاس الرقيقة Thin layered**
طبقة النحاس من ٨٠ الى ١٠٠ ميكرون وتستخدم لمره واحدة ثم يتم إزالة النحاس وترسيب طبقة جديدة كل عملية طباعية.

٢. **الطبقة القابلة للإزالةBallard skin**
طبقة النحاس من ٨٠ الى ١٠٠ ميكرون ولكنها تكون قابلة للإزالة حيث يوجد اسفلها طبقة حاملة موصلة كهربيا لسهولة ازالتها.

٣. **طبقة النحاس السميكة Thick-Layered Cylinders**
طبقة النحاس ٣٢٠ ميكرون ويمكن استخدامها فى ٤ عمليات حفر طباعى مختلفة حيث يتم التجليخ والتسوية بعد كل عملية طباعية ويتم إزالة ما يقرب من ٨٠ ميكرون.



شكل (٣): مقطع لأسطوانة الروتوجرافيور

ب. طرق حفر أسطوانة الروتوجرافيور

يتم الحفر لأسطوانات الروتوجرافيور حاليا بطريقتين وهما:

١. **الحفر الإلكتروميكانيكي Electromechanical Engraving**

يتم أرسال البيانات مباشرة من الحاسب والتحكم فى عمق الخلايا ومساحتها وحجمها من خلال التحكم فى زاوية قلم الحفر (الماسي) لإنتاج خلايا مختلفة الأعماق والمساحات والاحجام وفق التسطير الشبكى المطلوب حيث تدور الأسطوانة بسرعة ١ م/ث والقلم يتأرجح بتردد ثابت، تتكون الخلية من عدد ٢ جدار + ١ قناة + ١ فتحة يمكن أن تختلف وحدات الخلية فى الحجم والشكل والعمق؛ ليس بالمقدار لكل بوصة مربعة. (١: ص٧٨)

٢. **الحفر بالليزر laser- Engraving(التعريض بالليزر – الحفر المباشر)**
يعتبر الحفر المباشر بالليزر أحدث التطورات لحفر وتجهيز أسطوانة الروتوجرافيور حيث يتم تغطية الأسطوانة بالزنك بدلا من النحاس لسهولة ذوبانه بالليزر للأشعة تحت الحمراء ثم يغطى بالكروم.

خامسا: مقارنة طباعة الروتوجرافيور والطباعة الفلكسوجرافية

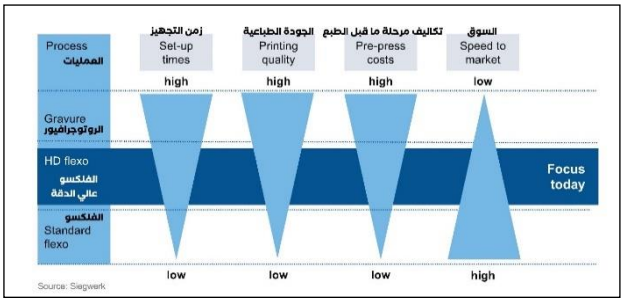
تمثل الجودة وتكلفة عمليات التشغيل والاعتبارات البيئية عامل حاسم للاختيار بين نظام الطباعة الفلكسوجرافية وطباعة الروتوجرافيور لاسيما فى مجال التغليف الغذائي، يوضح الجدول رقم (١) أهم أوجه المقارنة بين الطباعة الفلكسوجرافية وطباعة الروتوجرافيور للأفلام البلاستيكية.

جدول (١): مقارنة بين طباعة الروتوجرافيور وطباعة الفلكسوجراف (٤: ص٥)

	طباعة الروتوجرافيور	الطباعة الفلكسوجرافية
البصمة الطباعية	أكبر	أقل
تكلفة الطباعة	أعلى بكثير	أقل
تكلفة التشغيل	أعلى قليلا	أقل
تكلفة الصيانة	أعلى قليلا	أقل
تكلفة تجهيز حامل الصورة الطباعية	أعلى بكثير	أقل
قدرة تحمل حامل الصورة الطباعية	أعلى بكثير	أقل
زمن التجهيز	أطول	أقل
تنوع الأحبار	محدودة	مدى أكبر
مرونة حامل الصورة الطباعية	أقل	أعلي
مرونة العملية (الطلاء والتصفيح)	أعلي	أقل
جودة الطباعة (عملية الطباعة التفصيلية)	مرتفعة	فى تحسن
الاعتبارات البيئية	أقل توافق	أكثر توافق

العالم يتغير بسرعة من خلال العولمة، تغير الاحتياجات ومتطلبات وتكاليف الإنتاج وزمن التشغيل تؤثر هذه العوامل بعمق على أحد التطبيقات الصناعية الرئيسية المرتبطة بطريقة الحياة الحديثة وهى التغليف المرن، كذلك عوامل مثل الصداقة البيئية، وتقليل البصمة الكربونية، وتقليل استهلاك الطاقة، واستخدام المواد القابلة لإعادة التدوير و / أو الخاملة فى البيئة، وزيادة السلامة فى تغليف المواد الغذائية، وزيادة السلامة فى مصانع التصنيع وتحقيق جودة طباعة عالية وكفاءة لعمليات الطباعة القصيرة / المتوسطة، وبالطبع سهولة الاستخدام فى عملية الطباعة، كنتيجة للتطورات المتزايدة فى طباعة الفلكسوجراف لاسيما مع استخدام الاسطح عالية الدقة /HD FULL HD نجد تقارب لمستويات الجودة ووقت التجهيزات والاعداد وسرعة نمو السوق لتضاهى طباعة الروتوجرافيور كما يتضح فى الشكل رقم (٤).

شكل (٤): أثر تطور تقنيات الاسطح الطباعية الفلكسوجرافية مقارنة بالروتوجرافيور



المحور الثانى: الإطار العملى التطبيقى The Practical Framework

تجهيز وطباعة وقياس وتحليل عينات لمنتجات التغليف الغذائى (شيبسي) لطباعة الروتوجرافيور والفلكسوجراف عالى الدقة.

أولا: تجهيز أسطوانة الروتوجرافيور

يوضح الجدول رقم (٢) عناصر تجهيز أسطوانات الروتوجرافيور لمنتج شيبسي بطعم الطماطم فئة ٥ جنيهات.

جدول (٢): عناصر ومواصفات تجهيز أسطوانات الروتوجرافيور

عدد الألوان لطباعة الروتوجرافيور	٨ أسطوانات طباعية محيط ٥٤٠ ملم
طريقة تجهيز السطح الطباعي	حفر الكتروميكانيكي
خشونة السطح الطباعي	RZ ٣٨.
نوع الشبكات	AM Screen
زاوية الحفر	٤٥ درجة
صلابة الكروم	HV ١١٠٠

ثانيا: تجهيز السطح الطباعى الفلكسوجرافى عالى الدقة

يوضح الجدول رقم (٣) عناصر تجهيز السطح الطباعى الفلكسوجرافى عالى الدقة واسطوانات الانيلوكس للطباعة الفلكسوجرافية عالية الدقة لمنتج شيبسى بطعم الطماطم فئة ١ جنيها.

جدول (3): عناصر ومواصفات تجهيز الاسطح الطباعية الفلكسوجرافية عالية الدقة

عدد الألوان لطباعة الفلكسوجراف	٨ ألوان
طريقة تجهيز السطح الطباعى / الدقة	2045 DPI – HD
ماكينة تجهيز السطح الطباعي	ESCO CDI SPARK 2530

اللون السيان C	التسطير الشبكى للأنيلوكس = ٤٦٠ خط / سم (١٨١,١ خط/بوصة) التسطير الشبكى للسطح الطباعى = ١٥٠ خط / البوصة
اللون الماجنتا M	التسطير الشبكى للأنيلوكس = ٤٦٠ خط / سم (١٨١,١ خط/بوصة) التسطير الشبكى للسطح الطباعى = ١٥٠ خط / البوصة
اللون الأصفر Y	التسطير الشبكى للأنيلوكس = ٤٦٠ خط / سم (١٨١,١ خط/بوصة) التسطير الشبكى للسطح الطباعى = ١٥٠ خط / البوصة
اللون الأسود K	التسطير الشبكى للأنيلوكس = ٤٦٠ خط / سم (١٨١,١ خط/بوصة) التسطير الشبكى للسطح الطباعى = ١٥٠ خط / البوصة
اللون الأحمر للشعار spot color	التسطير الشبكى للأنيلوكس= ٢٨٠ خط / سم (١١٠,٢٤ خط / بوصة) لا توجد شبكات
اللون الأبيض spot color	التسطير الشبكى للأنيلوكس= ٢٥٠ خط / سم (٩٨,٤ خط / بوصة) لا توجد شبكات
اللون الأزرق spot color	التسطير الشبكى للأنيلوكس = ٣٢٠ خط / سم (١٢٥,٩ خط / البوصة)
	التسطير الشبكى للسطح الطباعى = ١٣٣ خط / البوصة
اللون الأخضر spot color	التسطير الشبكى للأنيلوكس = ٢٨٠ خط / سم (١١٠,٢٤ خط / بوصة) لا توجد شبكات

ثالثا: طباعة المنتج بطريقة الفلكسوجراف والروتوجرافيور.

تم أجراء الدراسة التجريبية على ماكينتى طباعة فلكسوجرافية وروتوجرافيور داخل مؤسسة الفراشة للطباعة والتغليف بالمواصفات التالية كما هو موضح بجداول رقم ٤ – ٥.

أ. مواصفات ماكينة طباعة الروتوجرافيور لأكياس الشيبسي

جدول (٤): مواصفات ماكينة الروتوجرافيور المستخدمة فى طباعة التجارب

طراز ماكينة الطباعة	CERUTTI RX 98(R)
سنة وبلد الصنع	٢٠٠٧ - ايطالي
عدد الوحدات الطباعية	10 وحدة
سرعة الماكينة	٣٠٠ متر فى الدقيقة
عرض الأسطوانة الطباعية	١٣٧٠ مم
محيط الأسطوانة الطباعية	من ٤٥٠ الى ٨٨٠ سم

ب. مواصفات ماكينة طباعة الفلكسوجراف لأكياس الشيبسي

جدول (٥): مواصفات ماكينة الفلكسوجراف المستخدمة فى طباعة التجارب العملية

طراز ماكينة الطباعة	FLEXOTECNICA KBA - CI
سنة وبلد الصنع	٢٠٠٩ - ألماني
عدد الوحدات الطباعية	10 لون
سرعة الماكينة	٤٠٠ متر فى الدقيقة
عرض الأسطوانة الطباعية	١٢٦٠مم
عرض الطباعة	١٢٠٠
أقل تكرار Min print repeat (mm)	٣٣٠
أقصى تكرار Max print repeat (mm)	٩٠٠

رابعا: الخامات المستخدمة فى الإنتاج الطباعى

يوضح الجدول رقم (٦) خصائص ومواصفات الخامات المستخدمة فى الإنتاج الطباعي.

جدول رقم (٦): خصائص ومواصفات الخامات المستخدمة فى طباعة التجارب العملية

الأحبار	أحبار ذات قاعدة مذيبات – أحبار غذائية محلية الصنع نسب المواد الغير متطايرة للألوان لا تقل عن ٢٥ % وللون الأبيض لا تقل عن ٤٠٪
الخامة الطباعية	بولى بروبلين شفاف ٢٥ ميكرون معالج بالكرونا للسطح الخارجى ثم يتم التصفيحMetallization
نوع الطباعة	عكسية
نوع اللحام	مركزي
أسلحة الكشط	أمريكية DEATWAYLER

خامسا: دراسة تحليلية لعناصر الجودة

أ. وصف العينات

تم طباعة أكياس شيبسى بالطماطم فئة ١ جنية وفئة ٨ جنية بطريقة طباعة الفلكسوجراف عالى الدقة وطباعة أكياس شيبسى بالطماطم فئة ٥ جنيهات بطريقة طباعة الروتوجرافيور كما هو موضح فى الشكل رقم (٥).

شكل (٥): العينات المستخدمة فى التجارب العملية بطريقة طباعة الفلكسوجراف والروتوجرافيور

ب. الأجهزة المستخدمة فى اجراء القياسات

جدول (٧): الأجهزة والبرامج المستخدمة فى أجراء التحاليل والقياس

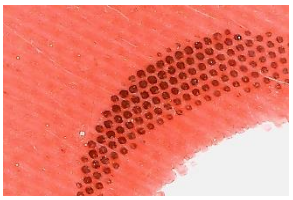
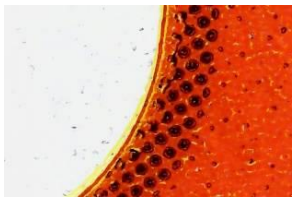
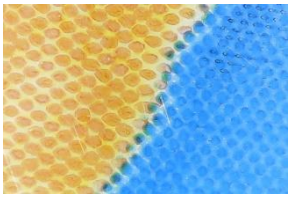
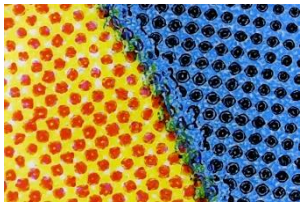
مكبر رقمي	**مكبر رقمى لتكبير النقط الشبكية**	Digital USB Microscopes 1000 x
جهاز القياس اللوني spectrophotometer	**للقياس اللونى والكثافة والنمو النقطي**	TECHKON SpectroDens – Spectro-Densitometer
برنامج القياس اللوني	**برنامج Color Tool**	لحساب Δ E بين القيم اللونية

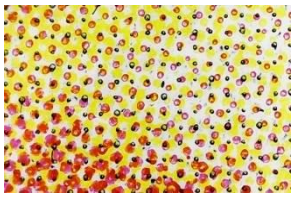
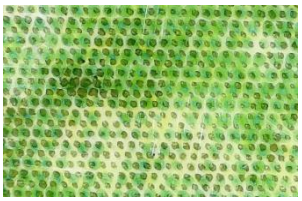
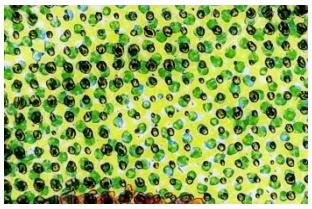
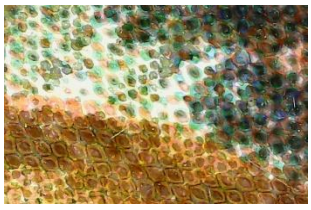
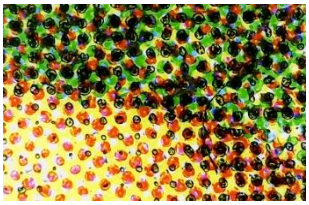
ج. نتائج القياس والتحليل للعينات المطبوعة

تم تسجيل صور مكبرة باستخدام الميكروسكوب الرقمى لبعض المناطق المطبوعة بطريقة الفلكسوجراف عالى الدقة والروتوجرافيور ومقارنتها ببعضها لتوضيح كيفية تمثيل عناصر التصميم طباعيا بين كلا الطريقتين كما يتضح فى الجدول رقم (٨).

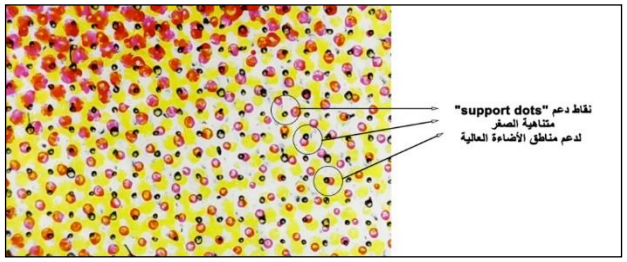
١- نتائج التحليل باستخدام المكبر الرقمى 1000 x

جدول (٨): نتائج القياس التحليل باستخدام المكبر الرقمى 1000 x

	نتائج عينات الروتوجرافيور	نتائج عينات الفلكسوجراف عالى الدقة
تحليل النقاط الشبكية للكتابات على العينات المطبوعة	 الحواف المسننة للأحرف المميزة لطباعة الروتوجرافيور.	 وجود نقاط بيضاء داخل المساحة المصمتة للكتابات مع ظهور فاصل بلون أبيض حول الحروف.
تحليل النقاط الشبكية لشعار شيبسي	 استخدام لون واحد أحمر للشعار للحصول على لون البراند.	 تدعيم اللون الأحمر باللون الأصفر للحصول على لون البراند مع استخدام Microcells المثقبة لجعل الكثافة أقصى ما يكون والحصول على انتشار مناسب يضاهى طباعة الروتوجرافيور.
تحليل النقاط الشبكية لتدرج البطاطس بجوار الشعار	 تداخل البطاطس مع الأرضية مع كثافة مناسبة للأرضية.	 تداخل البطاطس مع الأرضية مع استخدام Microcells لجعل الكثافة أقصى ما يكون والحصول على انتشار مناسب يضاهى طباعة الروتوجرافيور مع استخدام Hypered Screen.

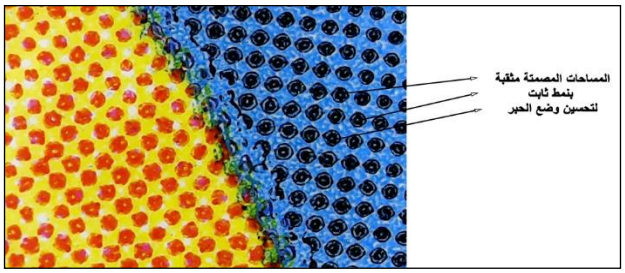
تحليل النقاط الشبكية لتدرج الطماطم	التدرج بسهولة وصولا الى ٠ % لطباعة الروتوجرافيور.	 التدرج الى ١٪ مع استخدام support dots فى مناطق الإضاءة العليا للمساعدة على التعبير عن النقط الشبكية.
تحليل النقاط الشبكية للون الأخضر للطماطم	 الحصول على التدريج لمناطق الإضاءة العليا بسهولة.	 دعم المناطق بالنقاط المساعدة مع استخدام Microcell الحصول على التدريج لمناطق الإضاءة العليا بسهولة.
تحليل النقاط الشبكية للصورة الفوتوغرافية لحقل البطاطس	 عمق خلايا الحفر والحصول على التدرجات اللونية.	 محاكاة عمق خلايا الروتوجرافيور باستخدام النقاط المساعدة مع استخدام Microcell.

نتيجة تحليل العينات الخاصة بطباعة الروتوجرافيور والفلكسوجراف عالى الدقة يتضح محاكاة مظهر طباعة الروتوجرافيور فى مناطق الإضاءة العليا من خلال النقاط الداعمة كما يتضح فى الشكل رقم (٦).



شكل (٦): نقاط دعم لتدعيم مناطق الإضاءة العالية

تم محاكاة المساحات المصمتة من خلال شبكات Microcell والتى تحتوى على نوع معين من الثقوب فى المساحات المصمتة يؤدى هذا أيضًا إلى تحسين وضع الحبر كما يتضح فى الشكل رقم (٧).



شكل (٧): شبكات Microcell المثقبة لتدعيم مناطق المساحات المصمتة والظلال

٢- نتائج القياسات بجهاز الاسبكتروفوتوميتر للعينات وحساب الفروق اللونية ببرنامج COLOR TOOL

٢-١ – نتائج القراءات اللونية

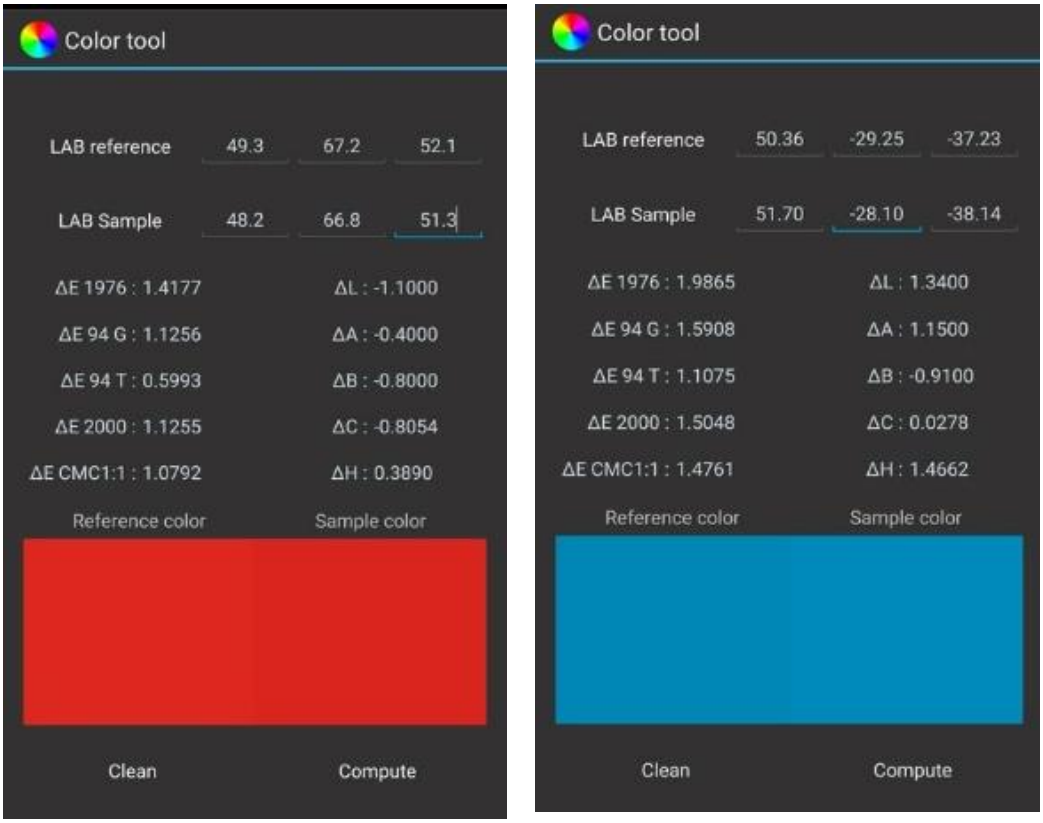
تم قياس LAB COLR وحساب Delta E بجهاز الاسبكتروفوتوميتر وبرنامج Color Tool لحساب الاختلاف اللونى للون الشعار الأساسى لشيبى ولون الخلفية بين عينة مطبوعة بطريقة الروتوجرافيور

والفلكسوجراف عالى الدقة كما هو موضح فى الجدول رقم (٩).

جدول (٩): نتائج الاختلافات اللونية بين طباعة الروتوجرافيور وطباعة الفلكسوجراف عالية الدقة

	طباعة الروتوجرافيور			طباعة الفلكسوجراف عالية الدقة		
	B	A	L	B	A	L
اللون الأحمر للشعار	52.1	67.2	49.3	51.3	66.8	48.2
Δ E CIE2000= 1.1256						
اللون الأزرق للأرضية	-37.23	-29.25	50.36	-38.14	-28.10	51.70
Δ E CIE2000 = 1.5048						

ونلاحظ كما هو موضح فى الشكل رقم (٨) تقارب لا يمكن ملاحظته بالرؤية المباشرة بين الدرجات اللونية المعبرة عن البراند والمستخدمة فى تصميم الأرضية.



شكل (٨): تقرير الاختلافات اللونية بين طباعة الروتوجرافيور وطباعة الفلكسوجراف عالى الدقة ببرنامج Color Tool

٢-٢- نتائج قراءة الكثافات اللونية

يتضح تقارب الكثافات اللونية بين طباعة الروتوجرافيور والفلكسوجراف عالى الدقة كما هو موضح من نتائج القياسات فى الجدول رقم (١٠) وتزيد قليلا فى طباعة الروتوجرافيور للألوان السيان والماجنتا والأصفر وتقل فى اللون الأسود وجميعها تقع ضمن القيم الموصى بها للطباعة على الأفلام البلاستيكية.

جدول (١٠): نتائج قياسات الكثافات اللونية بين طباعة الروتوجرافيور وطباعة الفلكسوجراف عالية الدقة

	طباعة الروتوجرافيور	طباعة الفلكسوجراف عالى الدقة
اللون السيان	١,٢٥	١,٢
اللون الماجنتا	١,٤٦	١,٣٢
اللون الأصفر	١,٣٢	١,٢٦
اللون الأسود	١,٦١	١,٧

٢-٣- نتائج الـ DOT AREA

تم قياس قيمة النقاط الشبكية DOT AREA بجهاز الاسبكتروفوتوميتر لمناطق الأرضية ذات اللون الأزرق وتتمثل فى منطقتين بعد اللون المصمت كما يتضح فى الشكل رقم (٩) وسجلت القراءات ما يلى كما هو موضح فى الجدول رقم (١١).

شكل (٩): مناطق قياس الـ DOT AREA

جدول (١١): نتائج قياس DOT AREA للأرضية بين طباعة الروتوجرافيور وطباعة الفلكسوجراف عالية الدقة

	طباعة الروتوجرافيور	طباعة الفلكسوجراف عالية الدقة
اللون الأزرق DARK	٩١٪	٨٩,٩ %
اللون الأزرق LIGHT	٧٩,٧ %	٧٨,١ %
توضح النتائج تقارب قيم النقط الشبكية لألوان الخلفية بمعدل تغطية يزيد بمقدار من ١٪ الى ٢٪ لطباعة الروتوجرافيور عن طباعة الفلكسوجراف عالى الدقة.		

سادسا. تحليل عناصر التكاليف وزمن التشغيل المستخدم لطباعة عينات القياس بين الروتوجرافيور والفلكسوجراف عالى الدقة

تم تحليل عناصر التكاليف وحساب زمن التشغيل والإنتاج لطباعة العينات المستخدمة فى القياس كميا بين طباعة الروتوجرافيور وطباعة الفلكسوجراف عالية الدقة وجاءت النتائج كما هو موضح فى الجداول التالية.

أ. تحليل عناصر التكاليف

تم حساب عناصر التكاليف الأساسية للعملية الطباعية بطريقة طباعة الروتوجرافيور والفلكسوجراف عالى الدقة وجاءت النتائج كما هو موضح فى الجدول رقم (١٢) مع ملاحظة انه تم حساب التكاليف بناء على أسعار ١-٣-٢٠٢٢.

جدول (١٢): تحليل عناصر التكاليف بين طباعة الروتوجرافيور والفلكسوجراف عالى الدقة

	طباعة الفلكسوجراف عالى الدقة	طباعة الروتوجرافيور
تجهيز الأسطح الطباعية	٣٠ قرش للسم ٨ X لون ١٢٠X ٤٠ = ١١,٥٢٠ ألف جنيه	٨ لون X ٦٠٠٠ جنيه للأسطوانة = ٤٨ ألف جنيه
المشوار الطباعى للأسطح الطباعية	من ٤ الى ٥ طن	من ١٠ الى ١٢ طن
استهلاك الأحبار	من ١٨٥ الى ٢٠٠ كيلو لكل طن	من ١٥٠ الى ١٦٠ كيلو لكل طن
استهلاك المذيبات	٢٠٠ كيلو لكل طن	١١٠ كيلو لكل طن
استهلاك الطاقة	١٢٥٪	%100

ب. تحليل زمن التشغيل

تم تحليل زمن التشغيل للعملية الطباعية بطريقة طباعة الروتوجرافيور والفلكسوجراف عالى الدقة وجاءت النتائج كما هو موضح فى الجدول رقم (١٣).

جدول (١٣): تحليل زمن التشغيل بين طباعة الروتوجرافيور والفلكسوجراف عالى الدقة

	طباعة الروتوجرافيور	طباعة الفلكسوجراف عالى الدقة
زمن تجهيز الاسطح الطباعية	من ٣ الى ٤ مرات زمن تجهيز الفلكسوجراف	١ يوم
سرعة ماكينة الطباعة	من ١٢٠ الى ٢٠٠ متر / الدقيقة	من ٣٠٠ الى ٤٠٠ متر / الدقيقة
زمن تبديل العمليات	2 X	1 X

النتائج Results

١. من خلال نتائج القياسات والتحاليل يمكن مضاهاة جودة طباعة الروتوجرافيور باستخدام تقنيات الفلكسوجراف عالية الدقة من خلال.

- تدعيم مناطق الإضاءة العالية فى الفلكسوجراف عالى الدقة باستخدام نقاط الدعم "Support Dots" متناهية الصغر والتى تعمل على تحسين التدرج واستقرار مناطق الإضاءة العالية لتضاهى طباعة الروتوجرافيور.
- تدعيم مناطق المساحات المصمتة فى الفلكسوجراف عالى الدقة من خلال الشبكات المتمركزة فى الخلية Plate cell screens والتي تحتوى على ثقوب فى النقاط متمركزة فى الخلية، بينما تكون المساحات المصمتة مثقبة بنمط موحد (the "plate (cell" pattern الامر الذى يؤدى إلى تحسين وضع واستقرار الحبر وكثافة التغطية.

٢. تقارب الكثافات اللونية بين طباعة الروتوجرافيور والفلكسوجراف عالى الدقة وتزيد قليلا فى طباعة الروتوجرافيور للألوان السيان والماجنتا والأصفر وتقل فى اللون الأسود وجميعها تقع ضمن القيم الموصى بها للطباعة على الأفلام البلاستيكية.

٣. عند طباعة الأفلام البلاستيكية القابلة للتمدد تعمل ماكينات طباعة الروتوجرافيور بسرعة أبطأ من ماكينات طباعة الفلكسوجراف لضمان التحكم فى تمدد الخامة الطباعية.

٤. تمثل تكاليف تجهيز الاسطح الطباعية للطباعة الفلكسوجرافية ¼ تكاليف تجهيز أسطوانات الروتوجرافيور كذلك تحتاج أسطوانات الروتوجرافيور من ٣ الى ٤ أضعاف وقت التجهيز الخاصة بالأسطح الفلكسوجرافية لذلك تعتبر الطباعة الفلكسوجرافية قياسية مع المشاوير الطباعية الصغيرة والمتوسطة.

٥. قدرة المشوار الطباعى لأسطوانات الروتوجرافيور تمثل ٢,٤ % من قدرة المشوار الطباعى للأسطح الفلكسوجرافية عالية الدقة مما يعنى أمكانية أعادة استخدام أسطوانات الروتوجرافيور بنفس تكلفة التجهيز بمعدل ٢,٤ عملية مقارنة بأسطح الفلكسوجراف.

٦. تمثل تكاليف الاحبار والمذيبات للطباعة الفلكسوجرافية ٦٠ % من تكاليف الاحبار والمذيبات لنفس العملية الطباعية بطريقة طباعة الروتوجرافيور.

التوصيات Recommendations

كانت طريقة طباعة الروتوجرافيور الأفضل للحصول على التفاصيل الدقيقة والدرجات الظلية المختلفة، ولكن مع استخدام تقنية HD FLEXO التى تتيح المزيد من الجودة للمطبوعات بدقة والتمثيل الصحيح للدرجات الظلية مع الوضع فى الاعتبار تكاليف التشغيل وزمن التشغيل والاعتبارات البيئية مقابل الاختلافات الطفيفة (إن وجدت) فى الجودة النهائية التى ستحصل عليها مع تقنية الفلكسوجراف عالية الدقة يوصى الباحث بتعظيم الاستفادة من تقنيات الفلكسوجراف عالية وكاملة الدقة فى السوق المصرى لاسيما مع خامات التغليف المرنة المستخدمة فى التغليف الغذائي.

المراجعReferences

1- Barry A. Morris: **The Science and Technology of Flexible Packaging**, 2017 Elsevier Inc.

2- Chiawei Wu, **Cylinder Specifications, Packaging corporation of America**, Waco, Texas,2010.

3- Joanna Izdebska, Sabu Thomas: **Printing on Polymers Fundamentals and Applications**, USA, 2016 Elsevier Inc.

4- Tamer Ali, Haitham Mohamed Nagieb: **The Criteria of Preparing the Digital File for Flexible Plastic Films used in Packaging Products and Their Impact on the Cost of Processing the Printing Plate (Flexography / Rotogravure),** The 5th International Conference of Faculty of Applied Arts: Faculty to Factory, 2018.

5- Thomas Dunn, **Manufacturing Flexible Packaging Materials, Machinery, and Techniques**, 2015 Elsevier Inc.

5- www.esko.com (20-2-2022)